

Capítulo 8

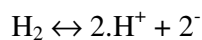
CORROSÃO DOS MATERIAIS METÁLICOS

8.1 Conceitos gerais

A corrosão pode ser definida como a dissolução eletroquímica de metais em íons, liberando elétrons, que ocorre quando metais dessemelhantes são colocados em contato elétrico na presença de um eletrólito, formando uma célula galvânica, ou seja criando uma diferença de potencial que permite a passagem de uma corrente elétrica. O eletrólito é caracterizado por uma solução condutora de eletricidade. Os metais são considerados dessemelhantes quando a ionização de quantidades equivalentes dos mesmos envolve diferentes variações de energia livre.

Na célula galvânica o metal que recebe elétrons é denominado catodo e é protegido. O metal que se dissolve em íons e cede elétrons é denominado anodo e sofre a corrosão. Assim, dependendo da propensão para ionizar-se o metal será considerado anódico ou catódico. A medida da maior ou menor propensão a ionizar-se é feita através da diferença de potencial envolvida na ionização do metal, que está associada à energia livre (variações negativas de energia livre estão associadas a valores positivos de diferença de potencial. Para realizar essas medidas adota-se o hidrogênio (H₂) como referência, estabelecendo-se para a ionização do mesmo o valor zero. Assim é estabelecida uma célula galvânica, conforme a apresentada na figura 8.1, em que o hidrogênio constitui um dos eletrodos e o metal o outro. As reações que podem ocorrer na célula, dependendo do metal ou do hidrogênio sofrerem a ionização são representadas por:





Se a diferença de potencial medida for positiva o metal funciona como anodo e o hidrogênio como catodo. Se a diferença de potencial for negativa o metal funciona como catodo e o hidrogênio como anodo. Os resultados dessas medidas são apresentados em forma de uma tabela de força eletromotriz, onde a diferença de potencial é denominada potencial de eletrodo. A tabela 8.1 mostra resultados para alguns metais. Assim, se dois metais dessemelhantes forem colocados em contato elétrico o que apresentar maior diferença de potencial (maior potencial de eletrodo) funcionará como anodo, sendo corroído e o que apresentar menor diferença de potencial (potencial de eletrodo) funcionará como catodo, sendo protegido. Da tabela pode-se observar que o ferro funciona como anodo em relação ao hidrogênio e a prata funciona como catodo em relação ao nitrogênio. Se a prata e o ferro forem os eletrodos, a prata funciona como catodo e o ferro como anodo.

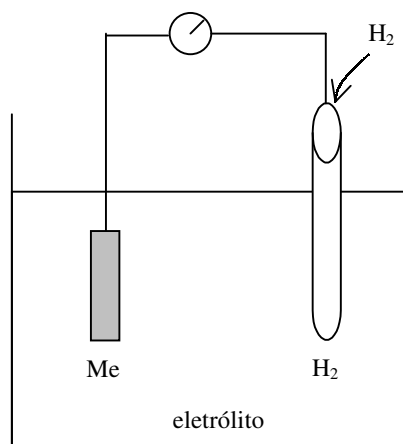
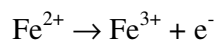
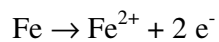


Figura 8.1 Célula galvânica formada por um metal e o hidrogênio

8.2 Mecanismo de corrosão galvânica

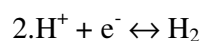
Considerando a formação de uma célula galvânica entre o ferro (Fe) e um outro metal (Me), tal que o ferro se comporte como anodo e o metal como catodo, conforme apresentado na figura 8.2. O ferro, por ser o anodo na célula, se decompõe em íons, que podem ser do tipo ferroso (Fe^{2+}) ou férrico (Fe^{3+}), e elétrons, segundo as reações:



Como a presença da umidade do ar pode fornecer íons de hidrogênio através da reação:



Os íons de hidrogênio consomem elétrons segundo a reação:



Como o H_2 é um gás ele é absorvido pela atmosfera e a reação continua consumindo mais elétrons e dando continuidade à corrosão. Quanto mais ácido o eletrólito (mais H^{+}), maior a corrosão.

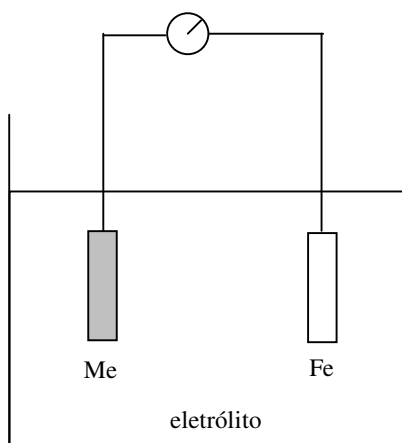
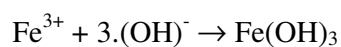
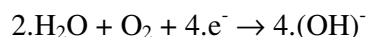


Figura 8.2 Célula galvânica formada pelo ferro e um metal.

Os íons hidroxila $[(\text{OH})^{-}]$ reagem com os íons férricos da seguinte forma:



O composto $Fe(OH)_3$ é denominado hidróxido férrico ou ferrugem. Devido à maior mobilidade dos íons férricos em relação à hidroxila, eles se movem em direção ao catodo onde ocorre a formação da ferrugem. A presença do oxigênio no ar aumenta a formação de ferrugem devido à formação do íons hidroxila através da reação:



Essa reação acelera a corrosão por consumir mais elétrons.

Tabela 1. Série de força eletromotriz.

SÉRIE DE FORÇA ELETROMOTRIZ	
Reação de ionização	Potencial de eletrodo (V)
$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2.e^-$	+ 2,34
$Al \rightarrow Al^{+3} + 3.e^-$	+1,67
$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2.e^-$	+0,76
$Cr \rightarrow Cr^{+3} + 3.e^-$	+0,71
$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2.e^-$	+0,44
$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2.e^-$	+0,13
$H_2 \rightarrow 2.H^+ + 2.e^-$	0,00
$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$	-0,80
$Pt \rightarrow Pt^{+2} + e^-$	-1,20
$Au \rightarrow Au^+ + e^-$	-1,68

8.3 Galvanoplastia

Denomina-se galvanoplastia a eletrodeposição de uma camada de um metal sobre a superfície de outro com o objetivo de protegê-la. A galvanoplastia utiliza os princípios da célula galvânica sendo que o metal a ser depositado deve funcionar como anodo e o metal que vai sofrer a deposição como catodo, conforme mostrado na figura 8.3. Em geral aplica-se uma diferença de potencial externa para acelerar o processo. No caso de ser conveniente depositar uma camada de um metal mais catódico sobre um mais anódico, pode-se aplicar uma diferença de potencial externa

que inverta os potenciais de eletrodo. Assim a deposição de cromo sobre o ferro é natural, mas a deposição de estanho sobre o ferro precisa ser provocada invertendo o potencial de eletrodo (ver tabela 8.1).

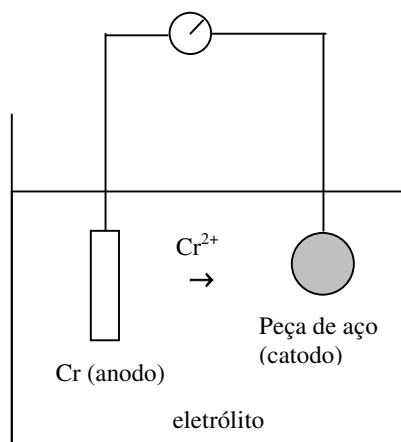


Figura 8.3 Processo de galvanoplastia (cromo depositado sobre um peça de aço).

8.4 Tipos de células galvânicas

Existem três tipos principais de células galvânicas: as células de composição, as células de tensão e as células de concentração. A seguir serão descritas cada uma delas.

- *Célula de composição é aquela que ocorre devido ao contato elétrico de dois metais dessemelhantes na presença de um eletrólito, sendo um metal (catodo) protegido e o outro (anodo) corroído. Na figura 8.4 são mostrados dois exemplos de célula de composição formadas quando chapas de aço sofrem a deposição de estanho ou de zinco. Se houver um risco na chapa expondo os dois metais, no caso da chapa recoberta com estanho o aço (Fe) funciona como anodo e é corroído e no caso da chapa recoberta com zinco o aço funciona como catodo e é protegido (ver tabela 8.1).*

- *Célula de tensão é aquela que ocorre devido a tensões localizadas em uma peça que criam pares galvânicos. Essa tensão pode ser resultante, por exemplo, de uma deformação a frio localizada. Na figura 8.5 é mostrada uma chapa dobrada a frio onde a região deformada funciona como anodo e a região não deformada funciona como catodo. Os contornos de grão são também regiões de maior tensão em relação ao interior do grão, funcionando como anodos e provocando corrosão intergranular.*

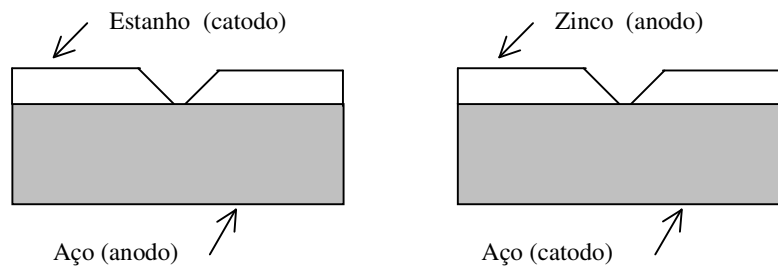


Figura 8.4 Exemplos de células de composição: chapas de aço recobertas com zinco e estanho.

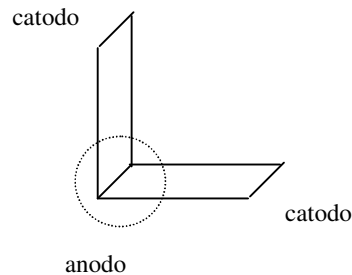


Figura 8.5 Exemplo de célula de tensão (chapa dobrada a frio).

- *Célula de concentração é aquela que ocorre quando há uma diferença de concentração localizada do eletrólito na superfície da peça. A região com maior concentração funciona como catodo e a com menor concentração funciona como anodo. Na figura 8.6 é mostrado um exemplo desse tipo de célula em que um*

monte de areia colocado sobre uma chapa de aço isola uma parte da superfície do eletrólito (umidade do ar) provocando corrosão na chapa sob a areia.

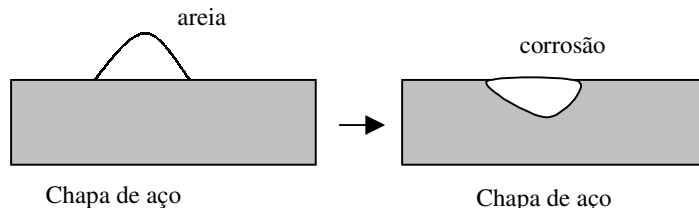


Figura 8.6 Exemplo de corrosão devido a diferença de concentração do eletrólito localizada.

8.6 Prevenção contra a corrosão

Os principais métodos usados para minimizar os efeitos da corrosão são descritos a seguir.

- *Uso de camadas de proteção constituídas por pinturas ou recobrimentos que visam isolar os eletrodos dos eletrólitos evitando a formação da célula galvânica.*
- *Evitar a formação de pares galvânicos usando metais puros ou ligas monofásicas, o que é difícil do ponto de vista prático já que ligas com estrutura polifásica apresentam em geral propriedades mais convenientes para aplicações tecnológicas do que metais puros ou ligas monofásicas.*
- *Uso de proteção galvânica através da introdução de anodos de sacrifício que corroem preferencialmente protegendo o metal principal. Um exemplo disso são placas de zinco aplicadas nos cascos de navio, que corroem preferencialmente protegendo o aço. Essas placas devem ser trocadas periodicamente.*